การจัดการหน่วยความจำ ของ 80386 (การแบ่งเซกเมนต์)

ถวัลย์ ตั้งลิตานนท์

ในบทความพิเศษของฉบับที่ 48 ได้กล่าวถึงลักษณะโดยทั่วไปของ 80386 เช่นโครงสร้างภายใน การทำงานในโหมดต่างๆ ชุดคำสั่ง การจัดการหน่วยความจำ และอื่น ๆ ซึ่งในเรื่องของการจัดการหน่วยความจำยังแบ่งออกเป็น การแบ่งเซกเมนต์ การทำเพจจิ้ง และหน่วยความจำแคช

ในฉบับนี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดของการแบ่งเซกเมนต์ว่า 80386 มีการแบ่งเซกเมนต์อย่างไร เซกเมนต์มีกี่ชนิด และสามารถอ้างถึงได้อย่างไร ซึ่งเราจะได้ติดตามกันต่อไป

นิยามของเซกเมนต์

ในการแบ่งหน่วยความจำเป็นเซกเมนต์ที่ใช้ใน 80386 เราไม่สามารถที่จะแทนข้อมูลทุกข้อมูลที่กำหนดเซกเมนต์ในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการแบ่งเป็นระดับสิทธิพิเศษและมีการทำงานร่วมกัน การป้องกันเป็นสิ่งที่จำเป็นมากขึ้น กลไกบางอย่างนอกเหนือจากเซกเมนต์รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตจะต้องถูกนำมาใช้ ดังนั้น 80386 จึงใช้วิธีการกำหนดหน่วยความจำแบบเซกเมนต์ที่แตกต่างไปจากเดิมที่ใช้ใน 8086 แต่ยังคงบางส่วนที่คอมแพทติเบิ้ลกับตัวโปรเซสเซอร์ตระกูลที่ลงท้ายด้วยเลข 86 ตัวก่อนหน้า

ความแตกต่างพื้นฐานเกือบทั้งหมดในการอ้างหน่วยความจำแบบเซกเมนต์ของ 80386 ก็คือ โปรแกรมของเราไม่สามารถจะกระทำกับหน่วยความจำใด ๆ เพียงแค่การอ้างถึงตำแหน่งนั้น สำหรับผู้ที่เคยใช้งาน 8086 จะทราบดีว่าตัวโปรเซสเซอร์สามารถอ้างแอดเดรสได้ 1 เมกะไบต์ ซึ่งแบ่งออกเป็นเซกเมนต์ละ 64 กิโลไบต์เรียงกันไปตามลำดับ เราสามารถอ้างถึงหน่วยความจำตำแหน่งใด ๆ ก็ตามโดยการโหลดเซกเมนต์รีจิสเตอร์ด้วยค่าเบสแอดเดรสและชี้เข้าไปในบริเวณเซกเมนต์นั้นด้วยค่าออฟเซตจาก 0 ถึง FFFF เพื่อที่จะกระทำกับตำแหน่งในส่วนบนหรือส่วนล่างก็ตามของหน่วยความจำ ถ้าต้องการเข้าถึงหน่วยความจำทั้ง 1 เมกะไบต์ เราจะต้องเลื่อนเซกเมนต์รีจิสเตอร์ไปอย่างน้อย 16 ครั้ง (16 × 64 กิโลไบต์ = 1 เมกะไบต์)

เป็นที่น่าสังเกตอย่างหนึ่งว่าการใช้เซกเมนต์ในแบบของ 8086 นั้น เราไม่มีวิธีการใด ๆ ในการป้องกันหน่วยความจำเลย ยกเว้นแต่ใช้ฮาร์ดแวร์ภายนอกเท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นก็คือหน่วยความจำฟิซิคัลที่มีอยู่ก็ไม่สัมพันธ์กับสถาปัตยกรรมชนิดนี้ ซึ่งก็คาดว่านักเขียนโปรแกรมจะไม่อ้างแอดเดรสซึ่งไม่สอดคล้องกับหน่วยความจำฟิซิคัล ถ้าโปรแกรมมีการอ้างถึงตำแหน่งของหน่วยความจำที่ไม่มีอยู่จริง ตัวโปรเซสเซอร์ก็จะอ่านข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเข้ามาทำให้ระบบไม่ทำงาน ทั้งนี้เป็นเพราะขึ้นอยู่กับการออกแบบการถอดรหัสของฮาร์ดแวร์นั่นเอง

การโปรแกรมในระบบของ 80386 นี้ (ไม่ว่าจะอยู่ในระดับใดก็ตาม) จะไม่สามารถกระทำกับพื้นที่ของหน่วยความจำนั้นได้จนกว่าพื้นที่นั้นจะถูกบอกให้โปรแกรมรับรู้ โปรแกรมไม่สามารถจะอ้างถึงทุก ๆ แอดเดรสได้ และโปรแกรมที่พยายามจะผ่านไปยังหน่วยความจำทั้ง 4 กิกะไบต์โดยการเพิ่มค่าอินเด็กซ์ไปเรื่อย ๆ จะเกิดเอกเซพชัน (EXCEPTION) ขึ้น ซึ่งเกิดจากการละเมิดออกนอกเซกเมนต์ รูปจำลองของแอดเดรสลักษณะนี้จะเป็นพื้นฐานของสถาปัตยกรรมของ 80386 ที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งครอบคลุมไปถึงการแบ่งเซกเมนต์ การป้องกันและคุณลักษณะของมัลติทาสกิ้ง

อย่างที่กล่าวมา เราจะเห็นแนวความคิดของเซกเมนต์ของ 80386 ที่ใช้งานในโปรเทคโหมดจะต่างกันมากกับ 8086 ในสถาปัตยกรรมของ 80386 นิยามของคำว่าเซกเมนต์จึงยืดหยุ่นมาก ตัวโปรเซสเซอร์ไม่สามารถจะจำกัดขอบเขตของเซกเมนต์อย่างเช่นใน 8086 ได้ แต่ 80386 มีกลไกให้นักเขียนโปรแกรมระบบสามารถกำหนดว่าแต่ละเซกเมนต์

ควรอยู่ที่ใด รวมทั้งแอดเดรสเริ่มต้น ความยาว จุดมุ่งหมายในการใช้ และคุณสมบัติประจำตัวอื่น ๆ ของเซกเมนต์

การกำหนดเซกเมนต์สามารถทำได้เกือบทุกอย่างที่เราต้องการ ตัวอย่างเช่น เซกเมนต์ไม่จำเป็นต้องยาว 64 กิโลไบต์ เราสามารถกำหนดให้มีความยาวเท่าไรก็ได้จาก 1 ไบต์ถึง 4 กิกะไบต์ เซกเมนต์ขนาด 1 ไบต์ก็คือเซกเมนต์ที่มีค่าออฟเซตที่ถูกต้องเพียงค่าเดียว ตรงกันข้ามเซกเมนต์ขนาด 4 กิกะไบต์ซึ่งจะครอบคลุมบริเวณของแอดเดรสของ 80386 ทั้งหมดอย่างเชิงเส้นจาก 0 ถึง FFFF-FFFF ซึ่งหมายความว่าเราสามารถใช้รีจิสเตอร์ขนาด 32 บิตเป็นตัวชี้แอดเดรสได้ตลอดบริเวณโดยไม่ต้องเปลี่ยนค่าเซกเมนต์รีจิสเตอร์

ค่าของเซกเมนต์ที่ถูกกำหนดให้กับแอดเดรสเริ่มต้น (เบสแอดเดรส) สามารถจะเป็นแอดเดรสใด ๆ ก็ได้ ในบริเวณที่เป็นเชิงเส้นขนาด 32 บิต ถ้าเปรียบเทียบกับ 8086 ก็คือค่าที่จะโหลดให้กับเซกเมนต์รีจิสเตอร์นั่นเอง เบสแอดเดรสสามารถถูกกำหนดเป็นแอดเดรสจริงที่เป็นเชิงเส้นซึ่งจะถูกกระทำเมื่อโปรแกรมอ้างถึงออฟเซตที่เป็น 0 ในเซกเมนต์ ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการปรับค่า 16 ไบต์อย่างเช่น 8086 การกำหนดเซกเมนต์วิธีนี้จึงทำให้นักเขียนโปรแกรมสามารถควบคุมการใช้หน่วยความจำได้อย่างสมบูรณ์

เซกเมนต์จะถูกกำหนดให้มีคุณสมบัติประจำตัว คุณสมบัติอันหนึ่งกำหนดว่าเซกเมนต์จะถูกใช้สำหรับอะไร เช่น โค้ด ข้อมูล สแต็กหรือจุดประสงค์อื่น ส่วนคุณสมบัติอีกอันหนึ่ง เป็นตัวกำหนดระดับชั้นพิเศษ (privilege level) จาก 0 ถึง 3 ซึ่งในเรื่องของระดับชั้นพิเศษจะได้นำเสนอในโอกาสต่อไป

สรุปโดยย่อเซกเมนต์ก็คือ พื้นที่ของหน่วยความจำซึ่งถูกกำหนดจากนักเขียนโปรแกรมใช้สำหรับจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกัน เช่น โค้ด ข้อมูล หรือสแต็ก เซกเมนต์ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากันหรือถูกจำกัดขนาดอยู่ที่ 64 กิโลไบต์

เซกเมนต์เดสคริบเตอร์

เซกเมนต์หนึ่ง ๆ จะถูกบรรยายลักษณะของเซกเมนต์ด้วยเซกเมนต์เดสคริบเตอร์ ในระบบหนึ่ง ๆ ที่กำลังรันอยู่แต่ละเซกเมนต์ของหน่วยความจำจะมีเซกเมนต์เดสคริบเตอร์เพียงหนึ่งเดียวเท่านั้น เซกเมนต์เดสคริบเตอร์จะบ่งบอกถึงเบสแอดเดรส ความยาว ชนิด ระดับชั้นพิเศษ และข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพต่าง ๆ ของเซกเมนต์ ดังรูปที่ 1

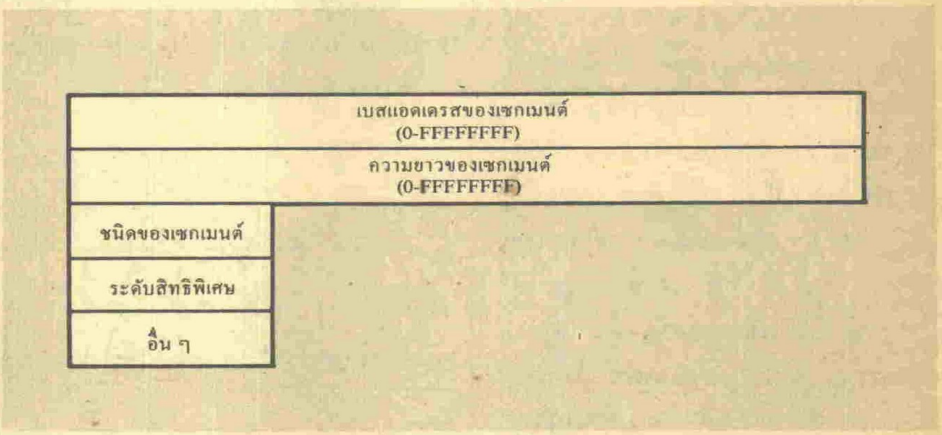
เซกเมนต์เดสคริบเตอร์จะบ่งบอกทุกอย่างที่ควรจะรับรู้เกี่ยวกับเซกเมนต์ของหน่วยความจำ เมื่อเราสร้างเซกเมนต์เดสคริบเตอร์ เราต้องกำหนดพื้นที่ของแอดเดรสที่จะใช้ภายใต้ข้อจำกัดของนิยามของเดสคริบเตอร์ ตัวอย่างเช่น เราสามารถกำหนดให้เซกเมนต์มีช่วงของแอดเดรสจาก A400 ถึง CE04 และเซกเมนต์อื่น ๆ ครอบคลุมจากแอดเดรส 230000 ถึง 230FFF ได้

พึงระลึกเสมอว่าถ้าเราไม่ได้บ่งบอกบริเวณของแอดเดรสในเดสคริบเตอร์ บริเวณแอดเดรสนั้นจะไม่สามารถอ้างแอดเดรสถึงได้ ตัวโปรเซสเซอร์จะไม่ยอมกระทำกับบริเวณนั้น ซึ่งเป็นข้อดีอย่างยิ่งในการรักษาความปลอดภัยของระบบ

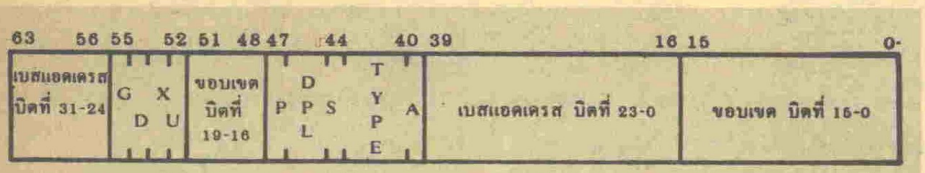
รูปแบบของเซกเมนต์เดสคริบเตอร์จะไม่อยู่ในรูปที่ง่าย ๆ ดังรูปที่ 1 รูปแบบจริง ๆ ที่เป็นต้นแบบจะเป็นดังรูปที่ 2 บิตที่ 16 ถึง 39 จะเก็บ 24 บิตล่างของเบสแอดเดรสของเซกเมนต์ ส่วน 8 บิตบนจะเก็บอยู่ที่บิต 56 ถึง 63 ตัวโปรเซสเซอร์จะนำ 2 ส่วนนี้มาต่อกันเองและอ้างเป็นจุดเริ่มต้นของเซกเมนต์

อีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมากก็คือ ลิมิตฟิลด์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน อินเทลได้กำหนดให้ลิมิตฟิลด์เป็นความยาวของเซกเมนต์ (ในหน่วยของไบต์) ลบด้วยหนึ่ง ตัวอย่างเช่น เซกเมนต์ที่ยาว 1 ไบต์ก็จะมีค่าในลิมิตเป็น 0 เซกเมนต์ที่มีขนาด 4 กิกะไบต์ก็จะมีลิมิตเท่ากับ FFFFFFFF เพื่อที่จะให้จำได้ง่าย ก็คือ ค่าในลิมิตฟิลด์เป็นเท่าไร ค่าออฟเซตที่ใช้อ้างแอดเดรสก็เป็นเท่านั้น (แต่อย่าลืมด้วยค่าออฟเซตเริ่มต้นที่ 0)

บิต 0 ถึง 15 ของเดสคริบเตอร์จะเก็บค่า 16 บิตล่างของลิมิต ส่วน 4 บิตบนจะเก็บที่บิต 48 ถึง 51 จะเห็นว่าค่าลิมิตมีจำนวน 20 บิต ซึ่งก็คือ 1 เมกะไบต์ (2 ยกกำลัง 20) เท่านั้น แต่จากที่



รูปที่ 1 ลักษณะของเซกเมนต์เดสคริบเตอร์



ชนิดของเซกเมนต์			
000	ข้อมูล	อ่านได้เท่านั้น	
001	ข้อมูล	อ่านได้/เขียนได้	
010	สแต็ก	อ่านได้เท่านั้น	
011	สแต็ก	อ่านได้/เขียนได้	
100	โค้ด	เอ็กซีคิวต์ได้เท่านั้น	
101	โค้ด	เอ็กซีคิวต์ได้/อ่านได้	
110	โค้ด	เอ็กซีคิวต์ได้เท่านั้น	conforming
111	โค้ด	เอ็กซีคิวต์ได้/อ่านได้	conforming

รูปที่ 2 รูปแบบของเซกเมนต์เดสคริปเตอร์

เราทราบมาข้างต้นขนาดของเซกเมนต์ได้ถูกจำกัดอยู่เพียง 1 เมกะไบต์ เพราะฉะนั้นบิตที่เหลือในเซกเมนต์เดสคริปเตอร์จะเป็นตัวอธิบายให้เรากระจ่างในเรื่องนี้

เรามาทำความเข้าใจกับบิตที่ 40 ถึง 55 ในเซกเมนต์เดสคริปเตอร์ดังนี้

A(Accessed, บิตที่ 40) : 80386 จะทำการเซตบิตนี้โดยอัตโนมัติเมื่อใดก็ตามที่หน่วยความจำซึ่งถูกกำหนดในเดสคริปเตอร์นี้ถูกอ้างถึง

TYPE (Segment type, บิตที่ 41 ถึง 43) : 3 บิตนี้แสดงชนิดของเซกเมนต์ซึ่งเรากำหนดให้ โดยทั่วไปชนิดของเซกเมนต์ก็คือ โค้ด ข้อมูล และสแต็ก

S(System, บิตที่ 44) : ถ้าบิตนี้ถูกเคลียร์จะหมายถึง เซกเมนต์เดสคริปเตอร์นี้เป็นของระบบ ถ้าบิตนี้ถูกเซตจะหมายถึงเซกเมนต์เดสคริปเตอร์ไม่ใช่ของระบบ (โค้ด ข้อมูล หรือสแต็ก)

DPL (Descriptor Privilege level, บิตที่ 45 และ 46) : 2 บิตนี้จะแสดงระดับสิทธิพิเศษของพื้นที่หน่วยความจำ ซึ่งกำหนดในเดสคริปเตอร์ DPL = 0 หมายถึงสิทธิพิเศษสูงสุด DPL = 3 คือต่ำสุด

P (Present, บิตที่ 47) : ถ้าบิตนี้ถูกเคลียร์ หมายถึงช่วงของแอดเดรสที่กำหนดในเดสคริปเตอร์จะถูกพิจารณาเป็นหน่วยความจำชั่วคราว ไม่ใช่หน่วยจำฟิซิคัล

U(User, บิตที่ 52) : บิตนี้ไม่ถูกกำหนดอย่างสมบูรณ์ และ 80386 จะไม่สนใจบิตนี้ ผู้ใช้สามารถใช้บิตนี้ได้อย่างอิสระ

X(Reserved by Intel, บิตที่ 53) : บิตนี้ตรงข้ามกับบิตที่ 52 บิตนี้จะต้องไม่ถูกกำหนด ซอฟต์แวร์ของเราต้องไม่ใช่บิตนี้

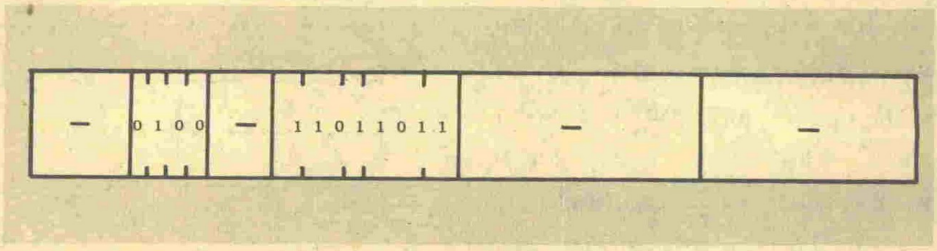
D(Default size, บิตที่ 54) : เมื่อบิตนี้ถูกเคลียร์ โอเปอแรนด์ที่อยู่ในเซกเมนต์นี้จะถูกสมมติว่ามีขนาด 16 บิต ถ้าบิตนี้ถูกเซตโอเปอแรนด์ก็จะถูกสมมติว่ามีขนาด 32 บิต

G(Granularity, บิตที่ 55) : เมื่อบิตนี้ถูกเคลียร์ ลิมิตฟิลด์ 20 บิตจะถูกสมมติว่าถูกวัดในหน่วยของไบต์ ถ้าบิตนี้ถูกเซต ลิมิตฟิลด์จะถูกสมมติว่าถูกวัดในหน่วยของ 4096 ไบต์ (4 กิโลไบต์)

ตัวอย่างของเซกเมนต์เดสคริปเตอร์ที่ถูกต้องแสดงดังรูปที่ 3 บิตที่ 40 ถึง 47 หรือไบต์ที่ 6 ของเดสคริปเตอร์ครอบคลุม 5 ฟิลด์แรกที่ได้กล่าวไปข้างต้น ค่าในไบต์นี้ไม่สามารถเป็นไปได้ทั้ง 256 ค่า ตัวอย่างเช่น ค่า 00H และ 80H อินเทลสงวนไว้ ถ้าเราพยายามจะให้เดสคริปเตอร์ที่มีค่าของไบต์นี้ไม่ถูกต้อง 80386 จะฟ้องว่ามี fault เกิดขึ้น (ดูรูปที่ 3)

บิต Accessed ของเดสคริปเตอร์จะถูกเซตโดยอัตโนมัติเมื่อใดก็ตามที่เซกเมนต์ของหน่วยความจำที่กำหนดในเดสคริปเตอร์นั้นถูกใช้ ตัวโปรเซสเซอร์จะไม่เคลียร์บิตนี้เลย ซึ่งทำให้เราสามารถหาข้อมูลบางอย่างได้ เช่น ความถี่ในการใช้หน่วยความจำนั้น โดยเราสามารถเขียนโปรแกรมที่คอยทดสอบและเคลียร์บิตนี้อย่างสม่ำเสมอในแต่ละเดสคริปเตอร์ จำนวนครั้งที่บิตนี้ถูกเซตก็คือข้อมูลที่บอกว่าหน่วยความจำนั้นถูกใช้บ่อยเท่าไรนั่นเอง

บิต Present เป็นตัวบอกโปรเซสเซอร์ว่าช่วงของแอดเดรสที่อยู่ในเดสคริปเตอร์จะถูกพิจารณาว่าเป็นหน่วยความจำฟิซิคัล บิตนี้มีความสำคัญมาก คือ เปรียบเสมือนแฟล็กที่บอกว่าเดส-



รูปที่ 3 ตัวอย่างของเซกเมนต์เดสคริปเตอร์

คริบเตอร์นี้ถูกต้อง ขณะที่เราสร้างเดสคริบเตอร์ ถ้าเราไม่เซตบิต Present นี้ 80386 จะไม่ยอมให้ใช้คำสั่งกับเดสคริบเตอร์นี้ บริเวณของแอดเดรสที่กำหนดในเดสคริบเตอร์จะไม่สามารถถูกใช้ได้เลย และพึงจำไว้ว่าถ้าเราไม่เซตบิต Present นี้ โปรเซสเซอร์จะไม่รับรู้ส่วนที่เหลืออื่น ๆ ในเดสคริบเตอร์เลย ดังรูปที่ 4

บิต Default เป็นคุณลักษณะอันหนึ่งซึ่งใช้ทั่วไปในสถาปัตยกรรมของ 80386 ซึ่งทำให้คอมแพตกับโปรเซสเซอร์ตัวก่อนหน้านี้ คุณลักษณะนี้ยอมให้เรารันโค้ดของ 80286 ในโปรเทคโหมดของ 80386 ถ้าเซกเมนต์ถูกกำหนดให้เก็บโค้ด และบิต Default ถูกเคลียร์ โปรเซสเซอร์จะแปลสิ่งที่อยู่ในเซกเมนต์ว่าเป็นโค้ด 16 บิตของ 80286 แต่ถ้าบิต Default ถูกเซตค่าภายในเซกเมนต์จะมองเป็นโค้ด 32 บิตของ 80386 สำหรับเซกเมนต์ของข้อมูลและสแต็กก็เช่นเดียวกัน เมื่อ D = 0 การกระทำกับสแต็กจะกระทำทีละ 16 บิต SP จะถูกใช้เป็นสแต็กพอยน์เตอร์แทน ESP และขนาดของสแต็กจะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ FFFF (64 กิโลไบต์) แทนที่จะเป็น FFFFFFFF (4 กิกะไบต์)

บิต Granularity ทำให้เราสามารถสร้างขนาดของเซกเมนต์ที่ใหญ่กว่า 1 เมกะไบต์ได้ เนื่องจากแต่ละเดสคริบเตอร์ มีที่ว่างไม่เพียงพอสำหรับเก็บลิมิตฟิลด์ทั้ง 32 บิตได้ ดังนั้นจึงใช้เพียง 20 บิต ซึ่งเพียงพอสำหรับลิมิตขนาด 1 เมกะไบต์โดยมีความละเอียด 1 ไบต์ จากจุดนี้จะเห็นว่าลิมิตฟิลด์สามารถถูกแปลงเป็นหน่วยของ 4 กิโลไบต์ได้ ถ้าบิต G ถูกเซต (G = 1) 80386 จะทำการเลื่อนลิมิตฟิลด์ไปทางซ้าย 12 บิต และเติม 1 เข้าไปแทน ดังนั้นถ้า G = 1 ลิมิตฟิลด์ที่มีค่า 400 จะกลายเป็น 400FFF ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ความละเอียดถึง 1 ไบต์ แต่ถ้าเรากำหนดขนาดของเซกเมนต์ที่ใหญ่กว่า 1 เมกะไบต์ ก็จะไม่มีปัญหาแต่อย่างไรกับขนาดเพียงไม่กี่กิโลไบต์ที่เกินมา

มาถึงจุดนี้จะขอสรุปก่อนว่าเซกเมนต์เดสคริบเตอร์เป็นตัวกำหนดสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้

– เบสแอดเดรส (32 บิต)

– ค่าลิมิต (ความยาว) ของเซกเมนต์ (20 บิต)

– ชนิดของเซกเมนต์ (4 บิต)

– ระดับสิทธิพิเศษ (2 บิต)

– กำหนดว่าเมื่อไรที่เซกเมนต์จะถูกพิจารณาว่าเป็นฟิซิคัล (1 บิต)

– กำหนดว่าเซกเมนต์เคยถูกแอกเซสมาก่อนหรือไม่ (1 บิต)

– ขนาดของเซกเมนต์ ให้มีขนาดสูงสุด 1 เมกะไบต์ หรือ 4 กิกะไบต์ (1 บิต)

– ขนาดของโอเปอแรนด์ที่อยู่ในเซกเมนต์ (1 บิต)

– แฟล็กที่อินเทลสงวนไว้ (1 บิต)

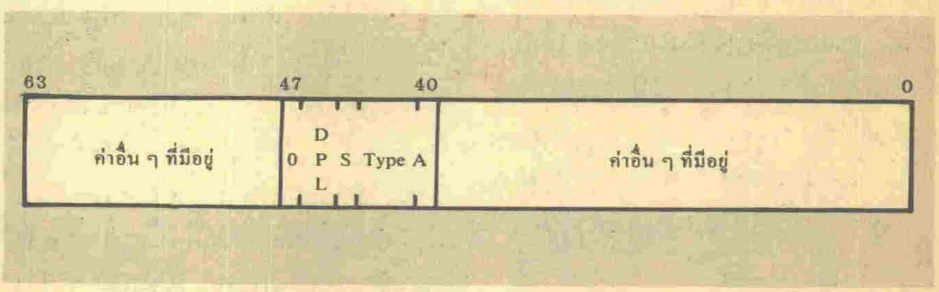
– แฟล็กสำหรับผู้ใช้ (1 บิต)

จากรูปที่ 2 ซึ่งแสดงชนิดของเซกเมนต์โดยใช้ 3 บิต คือ บิตที่ 41 ถึง 43 ทำให้เราสามารถกำหนดชนิดของเซกเมนต์ได้ 8 รูปแบบที่ต่างกัน เราจะมาดูว่ารูปแบบทั้ง 8 นี้มีรายละเอียดอะไรบ้าง

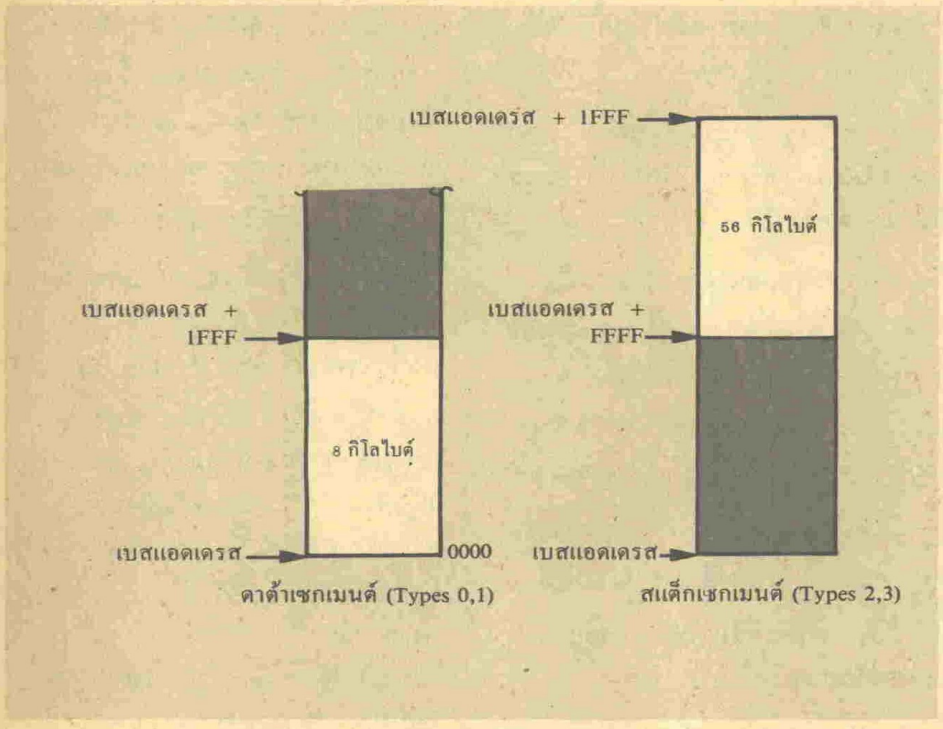
Type = 0 (000) จะเป็นตัวกำหนดว่าเซกเมนต์นี้ยอมให้อ่านข้อมูลเท่านั้นไม่ยอมให้เขียน ซึ่งเสมือนกันว่ากำหนดเป็นพื้นที่ของรอม 80386 จะไม่ยอมทำคำสั่งใด ๆ เกี่ยวกับการเขียนหน่วยความจำเมื่ออ้างถึงเซกเมนต์นี้

Type = 1 (001) ก็คล้ายกับ Type = 0 ต่างกันตรงที่ Type นี้ยอมให้เขียนลงหน่วยความจำได้ และโดยทั่วไปมักจะใช้เป็นดาต้าเซกเมนต์ การอ่าน/เขียนก็เพื่อใช้เก็บข้อมูลเท่านั้น เราไม่สามารถเก็บโค้ดไว้ในเซกเมนต์นี้ได้ เพราะว่า 80386 จะไม่ยอมเฟตช์โค้ดจากเซกเมนต์ซึ่งไม่ถูกกำหนดก่อนว่ายอมให้เอ็กซีคิวท์ได้

Type = 2 หรือ 3 กำหนดสแต็กเซกเมนต์ ซึ่งจะแตกต่างจากดาต้าเซกเมนต์ตรงที่ว่าลิมิตฟิลด์ของสแต็กเซกเมนต์จะเป็นตัวกำหนดบริเวณที่ไม่สามารถอ้างแอดเดรสได้ รูปที่ 5 จะแสดงดาต้าเซกเมนต์และสแต็กเซกเมนต์ซึ่งมีค่าลิมิตเท่ากับ 1FFF ในกรณีของดาต้าเซกเมนต์ ออฟเซตที่ถูกต้องจะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของลิมิต แอดเดรสแรกที่สามารถอ้างได้ก็คือ แอดเดรสที่มีออฟเซตเป็น 0 และแอดเดรสสุดท้ายคือออฟเซตเป็น 1FFF ดาต้าเซกเมนต์จึงมีขนาด 2000 ไบต์ (8 กิโลไบต์) ในกรณีของสแต็กเซกเมนต์ ค่าออฟเซตที่ถูกต้องคือค่าที่มากกว่าค่าลิมิต แอดเดรสแรกคือแอดเดรสที่มีออฟเซต



รูปที่ 4 แสดงเซกเมนต์เดสคริบเตอร์ที่ไม่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 5 ด้าต้าเซกเมนต์และสแต็กเซกเมนต์

เป็น 2000 และสุดท้ายคือ FFFF ทำให้สแต็กเซกเมนต์มีขนาด E000 ไบต์ (56 กิโลไบต์) ดังรูปที่ 5

สำหรับสแต็กเซกเมนต์ ขอบเขตล่างของเซกเมนต์คือค่าในลิมิตฟิลด์ ส่วนขอบเขตบนนั้นเป็นไปได้ 2 ค่า ถ้า D (บิต 54) = 0 ขอบเขตบนจะเท่ากับเบสแอดเดรสบวกกับค่าคงที่ FFFF (64 กิโลไบต์) แต่ถ้า D = 1 ขอบเขตบนจะเท่ากับเบสแอดเดรสบวกกับค่าคงที่ FFFF FFFF (4 กิกะไบต์) เนื่องจากค่าออฟเซตจะต้องมากกว่าค่าในลิมิตฟิลด์ ดังนั้นสแต็กเซกเมนต์จะมีค่ามากที่สุด เมื่อค่าในลิมิตฟิลด์เป็น 0 และมีค่าน้อยที่สุดเมื่อค่าในลิมิตฟิลด์เป็น FFFF (D = 0) หรือ FFFFFFFF (D = 1) นั่นคือขนาดของสแต็กเซกเมนต์มีความยาวเป็น 0

อีกเรื่องหนึ่งที่พึงระลึกถึงก็คือเมื่อเราเซตบิต D ซึ่งหมายความว่าสแต็กเซกเมนต์จะถูกกระทำทีละ 32 บิต (ใช้รีจิสเตอร์ ESP) และทำให้ขอบเขตบนมีค่าเป็น 4 กิกะไบต์

ส่วน Type 4 5 6 และ 7 กำหนดว่าเป็นเซกเมนต์ที่สามารถเอ็กซิคิวท์ได้ นั่นก็คือเซกเมนต์นี้จะเป็นที่เก็บของโค้ด สังเกตว่าการยอมให้มีการอ่านข้อมูลได้ (Type 5) ทำให้เราสามารถเก็บค่าคงที่ร่วมกับโค้ด ส่วน Type 4 จะไม่ยอมให้มีการอ่านข้อมูล สามารถเฟตช์โค้ด (คำสั่ง) ได้อย่างเดียว ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการป้องกันการดูออปเจ็คโค้ดจากบุคคลอื่น ส่วนอีก 2 ชนิดคือ Type 6 และ 7 มีคุณสมบัติประจำตัวที่เรียกว่า comforming ซึ่งมีความหมายง่าย ๆ ก็คือโค้ดเซกเมนต์นี้จะยอมละทิ้งการป้องกันที่เป็นแบบระดับสิทธิพิเศษ ซึ่งจะไม่ขอกล่าวรายละเอียดในที่นี้

ตารางเดสคริบเตอร์

อย่างที่ทราบมาแล้วข้างต้น เราสามารถจะสร้างเซกเมนต์เดสคริบเตอร์มากเท่าไรก็ได้ตามที่เราต้องการ และสามารถเพิ่มเดสคริบเตอร์ในฐานะที่เป็นของระบบ หรือเป็นของผู้ใช้ ตอนนี้เราจะดูกันว่าตัวโปรเซสเซอร์จัดการอย่างไรกับการแยกเป็นส่วน ๆ ซึ่งเป็นส่วนของข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน

เซกเมนต์เดสคริบเตอร์ที่เรากำหนดขึ้นจะต้องถูกจัดเป็นกลุ่มและถูกวางต่อ ๆ กันในหน่วยความจำ การจัดเป็นกลุ่มนี้เรียกว่าตารางเดสคริบเตอร์ ลำดับของการจัดวางเดสคริบเตอร์จะไม่มีความสำคัญ ตารางนี้จะมีเพียงหนึ่งเดสคริบเตอร์หรือมีมากถึง 8192 ซึ่งทำให้ตารางมีความยาว 64 กิโลไบต์ก็ได้ ตารางเดสคริบเตอร์จะมี 3 ชนิด แต่ละชนิดก็จะถูกใช้โดยจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ซึ่งเราจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายในการใช้ก่อนที่จะตัดสินใจ

ต่อไปจะได้กล่าวถึงชนิดของตารางเดสคริบเตอร์ ซึ่งอาจจะต้องใช้ศัพท์ภาษาอังกฤษบ้างเพื่อความสะดวกในการอ้างถึง ตารางหลักของเดสคริบเตอร์ที่เป็นตารางเอนกประสงค์ก็คือ global descriptor table (GDT) GDT สามารถถูกใช้โดยโปรแกรมทุกโปรแกรมเพื่ออ้างเซกเมนต์ของหน่วยความจำ interrupt descriptor table (IDT) จะเก็บเซกเมนต์เดสคริบเตอร์ที่กำหนดอินเตอร์รัพต์หรือเอ็กเซพชันรูทีน IDT สามารถแทนตารางของอินเตอร์รัพต์เวกเตอร์ที่ใช้ใน 8086 ได้โดยตรง 80386 ที่ทำงานในโปรเทคโหมดจะต้องกำหนด GDT และ IDT อย่างละ 1 ตารางอย่างแน่นอน

ตารางชนิดสุดท้ายคือ local descriptor table (LDT) สามารถถูกกำหนดการใช้ต่อหนึ่งงานในระบบมัลติทาสกิ้ง

LDT ถ้าถูกกำหนดให้ใช้งาน สามารถถูกใช้ร่วมกับ GDT เพื่อขยายจำนวนของเดสคริบเตอร์และช่วงที่สามารถอ้างแอดเดรสได้ของงานที่ถูกเลือก โดยปกติแล้วงานแต่ละงานจะมี LDT ของตัวเอง แต่งานหลาย ๆ งานก็สามารถใช้ LDT หลาย ๆ ตารางร่วมกันได้ LDT หลาย ๆ ตารางไม่จำเป็นต้องถูกกำหนดทั้งหมด ถ้าระบบไม่ต้องการสิ่งนั้นหรือฮาร์ดแวร์ที่สนับสนุนระบบมัลติทาสกิ้งไม่ถูกใช้งาน สำหรับ LDT ที่ถูกใช้ในระบบมัลติทาสกิ้งจะได้กล่าวในเรื่องของมัลติทาสกิ้งต่อไป รูปที่ 6 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเดสคริบเตอร์ ตารางของเดสคริบเตอร์ และบริเวณของแอดเดรสเชิงเส้นที่มันบ่งถึง

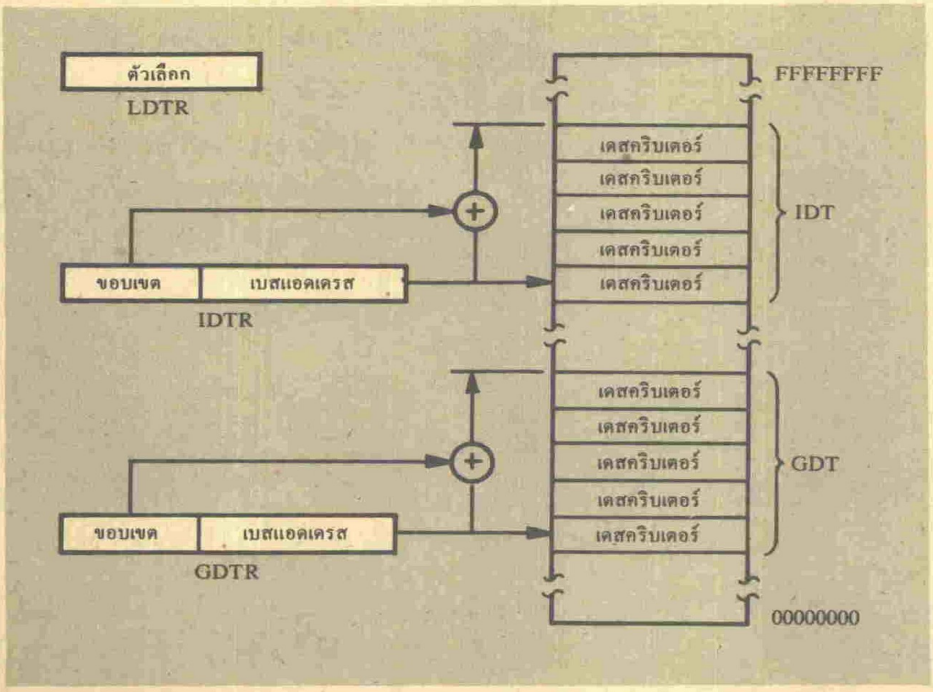
หลังจากที่เรานำแต่ละเดสคริบเตอร์ไว้ในตารางเดสคริบเตอร์แล้ว จะต้องบอกให้ตัวโปรเซสเซอร์รู้ว่าตารางเดสคริบเตอร์นี้อยู่ที่ไหน ซึ่งเราสามารถที่จะนำตารางนี้ไปไว้ตำแหน่งใดก็ได้ในพื้นที่ของหน่วยความจำ และไม่จำเป็นต้องไว้รวมกัน เพื่อที่จะให้โปรเซสเซอร์วางตำแหน่งของ GDT IDT และ LDT (ถ้ามี) เราจะต้องโหลดรีจิสเตอร์พิเศษของ 80386 คือ GDTR IDTR และ LDTR ตามลำดับ แต่ละรีจิสเตอร์มีขนาดใหญ่พอที่จะเก็บเบสแอดเดรสขนาด 32 บิตของตารางเดสคริบเตอร์และค่าขอบเขตของตาราง เบสแอดเดรสของตารางเดสคริบเตอร์ก็คือ แอดเดรสที่เป็นเชิงเส้นของไบต์แรกของเดรสคริบเตอร์ตัวแรกในตาราง ขอบเขตของตารางจะต้องถูกกำหนดลงไปเพื่อโปรเซสเซอร์จะสามารถบอกความยาวของตารางและจำนวนของเดสคริบเตอร์ที่มีอยู่ได้ เนื่องจากเดสคริบเตอร์ยาว 8 ไบต์ ดังนั้นขอบเขตของตารางจะมีค่าเท่ากับ (เดสคริบเตอร์ (ไบต์/8-1) เช่นมี 1 เดสคริบเตอร์ ก็จะมีค่าขอบเขตเท่ากับ (8/8)-1=0

ตัวเลือกเซกเมนต์

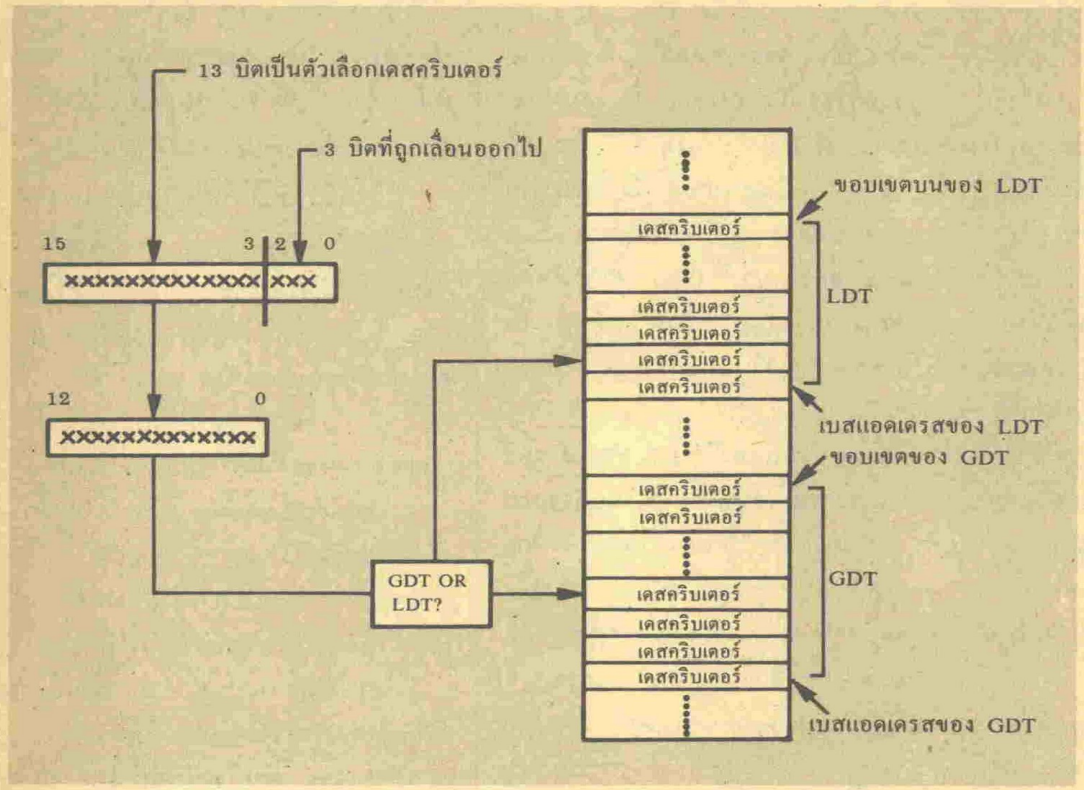
เมื่อเดสคริบเตอร์ถูกกำหนดขึ้น ตัวโปรเซสเซอร์จะใช้มันอย่างไร ผู้ใช้ที่ต้องการเขียนโปรแกรมเพื่อรัน จะกระทำกับมันอย่างไร สิ่งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการกับหน่วยความจำของ 80386 ที่จะต้องทำให้คอมแพทติเบิ้ลกับ 8086 ทั้ง ๆ ที่กลไกของการแบ่งเซกเมนต์ไม่คอมแพทติเบิ้ลกันอย่างสมบูรณ์

ถึงแม้ว่ากลไกในการแบ่งเซกเมนต์จะเปลี่ยนไปค่อนข้างมาก และเซกเมนต์รีจิสเตอร์ก็ยังคงเป็นขนาด 16 บิตเหมือนเดิม และที่น่าแปลกอีกอย่างหนึ่งก็คือการเลือกเซกเมนต์ของ 80386 มีส่วนที่คล้ายกับ 8086 เราลองนึกย้อนไปถึง 8086 คงพอจะจำได้ว่าเบสแอดเดรสของเซกเมนต์ได้มาจากการเลื่อนค่าในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ไปทางซ้าย 4 บิต (เป็นการคูณด้วย 16) แต่สำหรับ 80386 เซกเมนต์รีจิสเตอร์จะถูกเลื่อนบิตไปทางขวา 3 บิต (เป็นการหารด้วย 8) เพื่อเลือกเดสคริบเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งในตารางของเดสคริบเตอร์ เช่นถ้าเราใส่ค่าใดค่าหนึ่งเข้าไปในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ แล้วเลื่อนไปทางขวา 3 บิต เราจะได้ค่าค่าหนึ่ง สมมติให้เป็น N ซึ่งได้มาจาก 13 บิต ซึ่งค่า N นี้จะเป็นค่าที่ชี้ไปที่เดสคริบเตอร์ในตารางของเดสคริบเตอร์

เราจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างเซกเมนต์รีจิสเตอร์และเซกเมนต์เดสคริบเตอร์ใน 80386 ก็คือเซกเมนต์รีจิสเตอร์ทำตัวเป็นพอยน์เตอร์ขนาด 13 บิต ชี้ไปที่อะเรย์ของเซกเมนต์เดสคริบเตอร์ เนื่องจากพอยน์เตอร์มีขนาด 13 บิต ค่าของมันจึงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 8191 ซึ่งก็เป็นคำตอบว่าทำไมตารางเดสคริบเตอร์ได้สูงสุด 8192 โดยแต่ละเดสคริบเตอร์มีขนาด 8 ไบต์ จึงทำให้ตารางเดสคริบเตอร์มีขนาด 64 กิโลไบต์ แต่จะมีคำถามอีกว่าทำไมจึงใช้เพียง 13 บิตแทนที่จะใช้ 16 บิต ซึ่ง 3 บิตของเซกเมนต์รีจิสเตอร์ที่เลื่อนออกไป จะไม่ทำให้ค่าในเซกเมนต์ 8 ค่าที่ต่อกันชี้ไปยังเซกเมนต์เดสคริบเตอร์ตัวเดียวกันหรือ และตารางเดสคริบเตอร์ใดที่เซกเมนต์รีจิสเตอร์อ้างถึง ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 แสดงเดสคริบเตอร์และตารางของเดสคริบเตอร์



รูปที่ 7
แสดงการเลือกเดสคริปเตอร์และตารางเดสคริปเตอร์

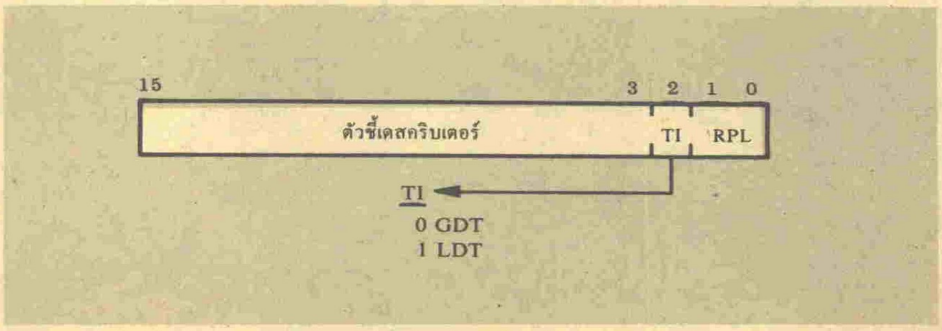
จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าไม่ว่า 3 บิตที่ถูกเลื่อนออกไป จะเป็น 000 001... 111 ก็ตาม 13 บิตที่เหลือก็มีค่าเท่าเดิม ซึ่งจะทำให้ชี้ไปที่เดสคริปเตอร์ตัวเดียวกัน เราสามารถจะหาคำตอบได้โดยมาดูว่า 3 บิตล่างของเซกเมนต์รีจิสเตอร์ใช้สำหรับอะไร โดยความเป็นจริงแล้ว 3 บิตล่างมีความสำคัญสำหรับการแบ่งเซกเมนต์และการป้องกันทางฮาร์ดแวร์ของ 80386 บิตที่ 0 และบิตที่ 1 ใช้สำหรับกำหนดระดับสิทธิพิเศษมีค่าจาก 0 ถึง 3 ดังนั้น 2 บิตนี้จึงไม่มีผลต่อเดสคริปเตอร์ที่เซกเมนต์รีจิสเตอร์ชี้ไป ส่วนบิตที่ 2 เป็นตัวบอกว่าจะอ้างถึงตารางเดสคริปเตอร์ใด ถ้าบิตนี้เป็น 0 เซกเมนต์รีจิสเตอร์จะอ้างถึงเดสคริปเตอร์ที่ N ใน GDT แต่ถ้าเป็น 1 จะอ้างถึงเดสคริปเตอร์ที่ N ใน LDT ดังนั้นคำตอบข้างต้นก็คือ ค่าในเซกเมนต์ 8 ค่าที่อยู่ติดกันจะไม่ชี้เดสคริปเตอร์ตัวเดียวกัน แต่ 4 ค่าที่อยู่ติดกันจะชี้เดสคริปเตอร์ตัวเดียวกัน

ในกรณีของ 8086 ค่าใด ๆ ที่ถูกโหลดไว้ในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ จะกลายเป็นเบสแอดเดรส แต่สำหรับ 80386 ค่าใด ๆ ในเซกเมนต์รีจิสเตอร์จะเป็นตัวชี้ไปยัง GDT หรือLDT เราจะเรียกค่า 16 บิตในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ว่าตัวเลือกเซกเมนต์ เพราะว่ามันเลือกเซกเมนต์เดสคริปเตอร์จากตารางของเดสคริปเตอร์ ตำแหน่งในตัวเลือกมีดังนี้ และแสดงดังรูปที่ 8

INDEX (Descriptor index, บิตที่ 3 ถึงบิตที่ 15) : ค่านี้จะเลือกค่าใดค่าหนึ่งในตารางเดสคริปเตอร์ซึ่งเป็นไปได้ทั้งหมด 8192 ค่า (เดสคริปเตอร์)

TI (Table indicator, บิตที่ 2) : เมื่อบิตนี้เป็น 0 ค่าในอินเด็กซ์จะอ้างถึงเดสคริปเตอร์ใน GDT ถ้าเป็น 1 จะอ้างถึงเดสคริปเตอร์ใน LDT

RPL (Request Privilege Level, บิตที่ 0 และบิตที่ 1) : 2 บิตนี้ใช้สำหรับการตรวจสอบระดับสิทธิพิเศษซึ่งเป็นกลไกของการป้องกัน



รูปที่ 8 รูปแบบของตัวเลือกเซกเมนต์

รูปที่ 9 แสดงเส้นทางการเปลี่ยนจากลอจิกคัลแอดเดรสไปเป็นแอดเดรสเชิงเส้น เริ่มต้นเราจะโหลดค่าไว้ใน DS จะเห็นว่าบิตที่ TI เป็น 0 ดังนั้นโปรเซสเซอร์จะใช้ส่วนของอินเด็กซ์ (บิตที่ 3-15) ชี้ไปยัง GDT เพื่อหาเดสคริปเตอร์ของดาต้าเซกเมนต์ ค่าเบสแอดเดรสรวมทั้งค่าขอบเขตของ GDT สามารถถูกบอกตำแหน่งโดยผ่าน GDTR ตัวโปรเซสเซอร์จะนำเบสแอดเดรสที่แยกกันอยู่ในเดสคริปเตอร์ (บิตที่ 16-39 และบิตที่ 56-63) มาต่อกันเป็นเบสแอดเดรสของเซกเมนต์ DS ซึ่งจะถูกรวมกับค่าออฟเซตในรีจิสเตอร์ ESI เป็นค่าแอดเดรสเชิงเส้นที่เป็นตำแหน่งจริงในหน่วยความจำ

ในขณะที่เวลาเป็นสิ่งที่ต้องให้พิจารณาและเพื่อลดการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก 80386 ไม่ได้ทำงานดังกล่าวข้างต้นทุกครั้งที่อ้างถึงหน่วยความจำ แต่มันจะทำการเก็บเดสคริปเตอร์ทั้ง 8 ไบต์ไว้ในหน่วยความจำแคชเมื่อมันโหลดตัวเลือกเดสคริปเตอร์ไว้ในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ตั้งแต่ครั้งแรก ทำให้มันมีข้อมูลที่สามารถอ้างได้รวดเร็วจนกว่าค่าในเซกเมนต์รีจิสเตอร์จะถูกเปลี่ยนไป

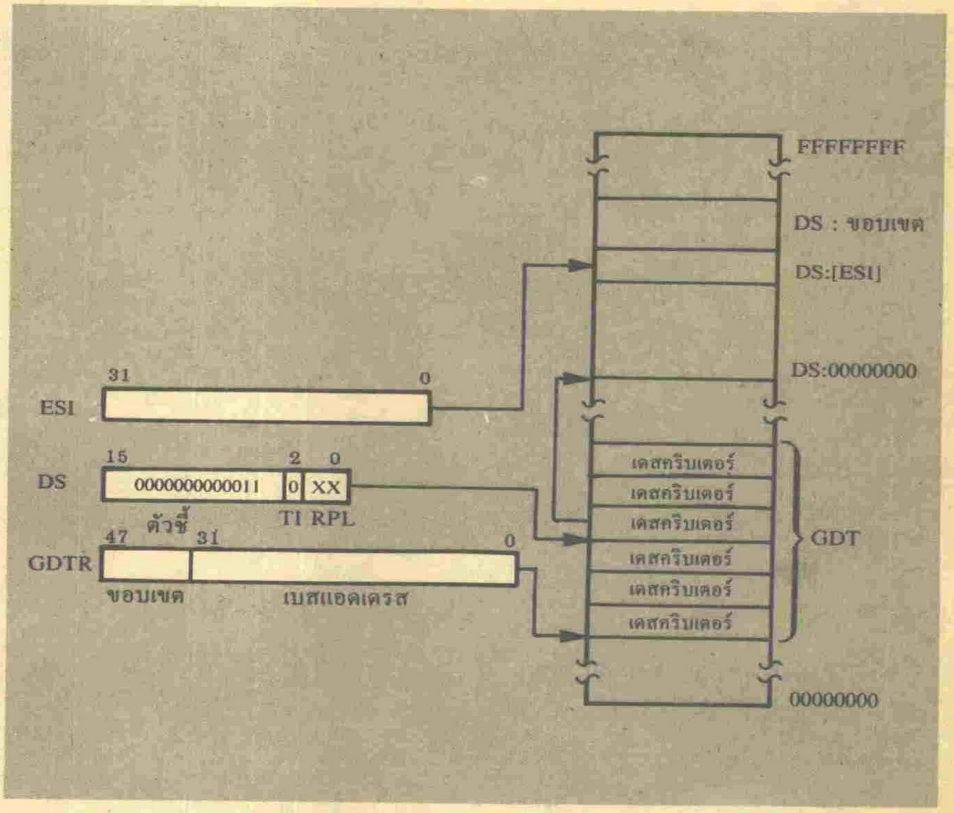
การโหลดตัวเลือกเซกเมนต์

อย่างที่กล่าวไปข้างต้น ค่าที่โหลดไว้ในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ (ตัวเลือกเดสคริปเตอร์) มีความสัมพันธ์กับเดสคริปเตอร์โดยตรง ตัวเลือกใด ๆ จะเลือกเพียงหนึ่งเดสคริปเตอร์เท่านั้น อย่างไรก็ตามค่าของตัวเลือกที่ต่อกัน 4 ค่าจะเลือกเดสคริปเตอร์ตัวเดียวกัน เพราะว่าฟิลด์ RPL (บิตที่ 0 และ 1) ไม่มีผลต่อการเลือกเดสคริปเตอร์ การเปลี่ยนเพียงไม่กี่บิตในเซกเมนต์รีจิสเตอร์จะมีความสำคัญมากต่อความสามารถในการอ้างหน่วยความจำ จะเห็นได้ว่าค่าต่าง ๆ มากมายสามารถใช้ได้กับ 8086 แต่กลับไม่มีความหมายเลยกับ 80386 ในโปรเทคโหมด

เมื่อใดก็ตามที่เซกเมนต์รีจิสเตอร์ถูกเปลี่ยน ไม่ว่าทางตรงโดยโปรแกรมของเราหรือทางอ้อม เช่น การเกิดอินเตอร์รัพต์ 80386 จะทำการตรวจสอบตัวเลือกก่อนที่จะโหลดค่าลงไปในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ เช่น การตรวจสอบระดับสิทธิพิเศษ และอื่น ๆ เพื่อป้องกันการโหลดตัวเลือกที่ไม่ถูกต้อง

ในทุกกรณี ตัวโปรเซสเซอร์จะตรวจสอบดูว่าฟิลด์อินเด็กซ์ของตัวเลือกว่าอยู่ในขอบเขตของตารางเดสคริปเตอร์ที่แสดงโดยบิต TI หรือไม่ นั่นคือเหตุผลที่ว่าทำไมค่าขอบเขตของตารางเดสคริปเตอร์จึงอยู่กับค่าเบสแอดเดรสของมัน ถ้าตัวเลือกผ่านการตรวจสอบเหล่านี้ 80386 จะตรวจสอบแฟล็ก Present (บิตที่ 47) ของเดสคริปเตอร์ เพื่อดูว่าเซกเมนต์นั้นอยู่ที่นั่นจริง ๆ ถ้าใช่มันจึงโหลดค่าตัวเลือกนั้นลงไป และเดสคริปเตอร์ที่อ้างถึงจะถูกโหลดไว้ในหน่วยความจำแคช ถ้าการตรวจสอบใด ๆ นี้ไม่ผ่าน 80386 จะเกิดเอ็กเซพชันขึ้นและไม่มีสิ่งใดที่ถูกเปลี่ยนแปลง

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลือกและเดสคริปเตอร์ที่ตัวเลือกชี้ไป และบริเวณของแอดเดรสที่เดสคริปเตอร์ชี้ไป ประการแรกก็คือการเพิ่มค่าในเซกเมนต์รีจิสเตอร์ ถ้าเป็นการเพิ่มค่าในฟิลด์ RPL จะต้องไม่ทำให้ตัวเลือกชี้ไปยังเดสคริปเตอร์ตัวต่อไปในตารางเดสคริปเตอร์ ซึ่งการเพิ่มนี้จะมีผลต่อกลไกของการตรวจสอบระดับสิทธิพิเศษเท่านั้น ถ้าเราต้องการเลือกเดสคริปเตอร์ตัวต่อไป จะต้องเพิ่มค่าตัวเลือกทีละ 8 ประการที่สองก็คือ เดสคริปเตอร์ที่อยู่ติดกันในตาราง ไม่มีความสัมพันธ์กัน



รูปที่ 9 การอ้างแอดเดรสในหน่วยความจำ

เลย (ถ้าเราไม่ได้กำหนดขึ้นมา) ดังนั้นการเพิ่มค่าตัวเลือกเพื่อชี้เดสคริปเตอร์ตัวต่อไป ก็อาจจะไม่ใช่ช่วงของแอดเดรสที่ต่อจากตัวก่อนหน้า โดยสรุปก็คือไม่มีสิ่งที่เด่นชัดใด ๆ ที่จะบอกได้ว่าค่าของตัวเลือกจะชี้ไปยังแอดเดรสบริเวณใด

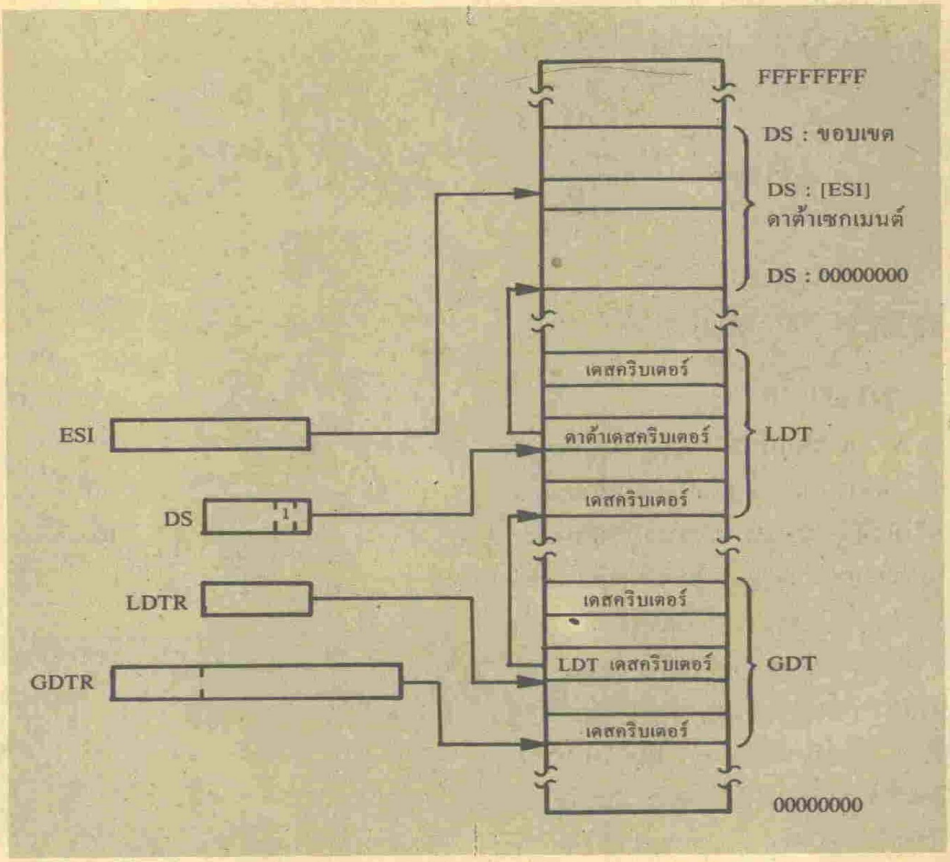
จากข้อมูลทั้งหมดนี้เราจะรู้สึกว่างานของนักเขียนโปรแกรมระดับแอสเซมบลีเกือบจะหมดหวังไปเลย เราไม่สามารถจัดการกับเซกเมนต์รีจิสเตอร์อย่างแน่นอนถ้าเราไม่มีความรู้ในการจัด GDT และ LDT เป็นอย่างดี

ตารางโลคอลเดสคริบเตอร์ (LDT)

อย่างที่ทราบมาแล้วว่ามีตารางเดสคริบเตอร์อยู่ 3 ชนิด คือ โกบอลโลคอล และอินเทอร์รัพ ในขณะที่โปรเซสเซอร์กำลังรันอยู่ในโปรเทคโหมดจะต้องมีตาราง GDT และ IDT อย่างละหนึ่งตารางอย่างแน่นอน เราสามารถกำหนดตารางอื่นในหน่วยความจำได้ แต่มีเพียงหนึ่งตารางเท่านั้นที่ถูกพิจารณาว่ามีแอกตีฟในขณะใดขณะหนึ่ง ตารางอันหนึ่งจะถูกชี้โดยรีจิสเตอร์ GDTR และ IDTR ดังนั้นเราสามารถกำหนดตารางโลคอลเดสคริบเตอร์ตั้งแต่ 0 ถึง 8191 เดสคริบเตอร์ได้ถึงแม้ว่าจะมีตารางอื่นอยู่ และเพียงหนึ่งตารางเท่านั้นที่แอกตีฟในขณะหนึ่ง

LDTs กระทำตัวเหมือนกับส่วนขยายของ GDT แต่มันจะถูกกำหนดให้ใช้สำหรับงานใดงานหนึ่ง เมื่อมีการใช้ฮาร์ดแวร์สนับสนุนสำหรับการสลับงานโปรแกรมขณะที่กำลังรันอยู่นั้น สามารถใช้เดสคริบเตอร์ใน GDT และใน LDT ที่ถูกกำหนดให้กับงานนั้นได้ ถ้า LDT ไม่ถูกกำหนดให้ใช้เดสคริบเตอร์ทุกตัวจะมาจาก GDT และเราจะต้องหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลือกที่มีบิต TI = 1 (บิตที่ 2) ดังนั้นการที่มีการกำหนด LDT สำหรับงานหนึ่งจะทำให้เกิดการขยายช่วงของแอดเดรสอย่างมีประสิทธิภาพ คุณลักษณะอันนี้สามารถถูกใช้เพื่อยอมให้เพียงงานหนึ่งที่แน่นอนแอคเซสกับบริเวณของหน่วยความจำพิเศษ เช่น บัฟเฟอร์ของจอภาพ หรือดิสค์คอนโทรลเลอร์

LDTs ถูกสร้างขึ้นได้เช่นเดียวกับ GDTs หรือ IDTs อย่างไรก็ตาม วิธีการวางตำแหน่งของมันจะแตกต่างกันอย่างมาก ขณะที่ 80386 มีรีจิสเตอร์พิเศษขนาด 48 บิต เพื่อเก็บค่าเบสแอดเดรสและขอบเขตของ GDT และ IDT (โดยปกติแล้วจะไม่เปลี่ยนค่าบ่อยครั้ง) LDT ตัวปัจจุบัน (ค่าอาจจะเปลี่ยนทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนงาน) จะถูกชี้โดยตัวเลือก 16 บิต ตัวเลือกนี้ (LDTR) ต้องอ้างถึงเดสคริบเตอร์พิเศษของ LDT ใน GDT โดยวิธีเดียวกันที่เดสคริบเตอร์ของโค้ดเซกเมนต์กำหนดขอบเขตบนและล่างของเซกเมนต์ที่เก็บโค้ด เดสคริบเตอร์ของ LDT ใน GDT ก็กำหนดขอบเขตบนและล่างของเซกเมนต์ที่เก็บโค้ดเดสคริบเตอร์ของ LDT ใน GDT ก็กำหนดเบสแอดเดรสและขอบเขตของตารางเดสคริบเตอร์ของ LDT GDT สามารถเก็บเดสคริบเตอร์ของ LDT จำนวนเท่าไรก็ได้ หนึ่งเดสคริบเตอร์สำหรับหนึ่ง LDT ที่จะถูกกำหนด โดยวิธีนี้โปรเซสเซอร์สามารถติดตาม LDT ตัวปัจจุบันได้โดยการโหลดตัวเลือกซึ่งชี้ไปที่เดสคริบเตอร์ที่กำหนดตำแหน่งและขนาดของตารางเดสคริบเตอร์ของอีกตัวหนึ่ง การอ้างหน่วยความจำใด ๆ ที่ใช้เซกเมนต์ที่มีตัวเลือกโดยมีบิต TI = 1 จะถูกผ่าน LDT รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างการอ้างทางอ้อม 2 ครั้งของ LDT



รูปที่ 10 ตารางโลคอลเดสคริบเตอร์

เดสคริปเตอร์ของ LDT เป็นตัวอย่างอันหนึ่งของเซกเมนต์เดสคริปเตอร์ของระบบ เมื่อแฟล็ก S (บิตที่ 44) ในเดสคริปเตอร์ไม่ถูกเซต มันจะแสดงว่าเป็นเซกเมนต์เดสคริปเตอร์ของระบบ ซึ่งตรงข้ามกับเดสคริปเตอร์ของโค้ดดาต้าหรือของสแต็ก เซกเมนต์เดสคริปเตอร์ของระบบจะไม่มีบิต Accessed แต่ฟิลด์ของชนิด (type) จะเพิ่มเป็น 4 บิต ถ้าค่าในฟิลด์ Type เป็น 2 เดสคริปเตอร์เป็นเดสคริปเตอร์ของ LDT ซึ่งแสดงดังรูปที่ 11 ฟิลด์ของเบสแอดเดรสเป็นแอดเดรสเชิงเส้นขนาด 32 บิต สำหรับ LDT และฟิลด์ของขอบเขตกำหนดความยาว LDT ลบด้วย 1 เช่นเดียวกับใน GDT และ IDT สังเกตอีกว่าค่าขอบเขตมีได้ 20 บิตรวมกับบิต G อีกหนึ่งบิต ทำให้เรากำหนดขนาดของ LDT ได้มากกว่า 64 กิโลไบต์

เพื่อที่จะใช้บริการของ LDT เราก็ทำได้ง่ายโดยโหลด LDTR ด้วยตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับเดสคริปเตอร์ของ LDT เพื่อใช้สำหรับ LDT โดยลำดับแล้ว LDTR ก็เหมือนกับเซกเมนต์รีจิสเตอร์อันอื่น ๆ ถ้าเราพยายามจะโหลด LDTR ด้วยค่าใด ๆ ที่ไม่ใช่ตัวเลือกไปยังเดสคริปเตอร์ของ LDT 80386 จะเกิดโปรเทคชันฟอลท์ขึ้น

สำหรับ IDT จะไม่กล่าวถึงในที่นี้ เพราะว่าโปรแกรมจะไม่เคยอ้างถึงเดสคริปเตอร์ใน IDT เลย ซึ่ง IDT นี้จะมีเพื่อให้ 80386 หาเอ็กเซพชันที่เหมาะสมที่จัดการโดยตัวมันเอง

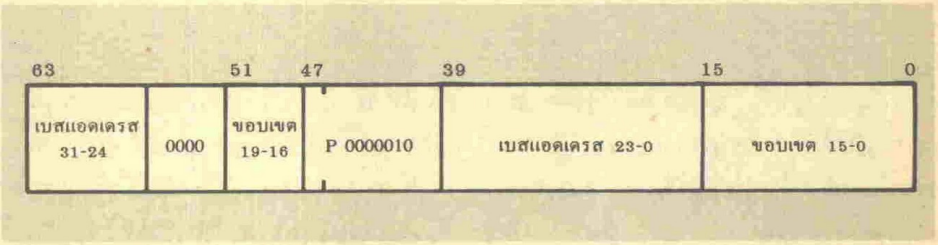
การเรียกชื่ออื่นและการซ้อนกันของเซกเมนต์

80386 อนุญาตให้เราสร้างเซกเมนต์ซึ่งเป็นชนิดอ่านได้อย่างเดียว เอ็กซีคิวท์ได้อย่างเดียว อ่านได้/เขียนได้ หรือเอ็กซีคิวท์ได้/อ่านได้ จะไม่มีการนำมารวมกันเหมือนอย่างกรณีของ 8086 ที่สามารถอ่านได้ เขียนได้ และเอ็กซีคิวต์ได้พร้อมกันในเซกเมนต์เดียว อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ผลเช่นนี้ สามารถทำได้โดยวิธีอื่น

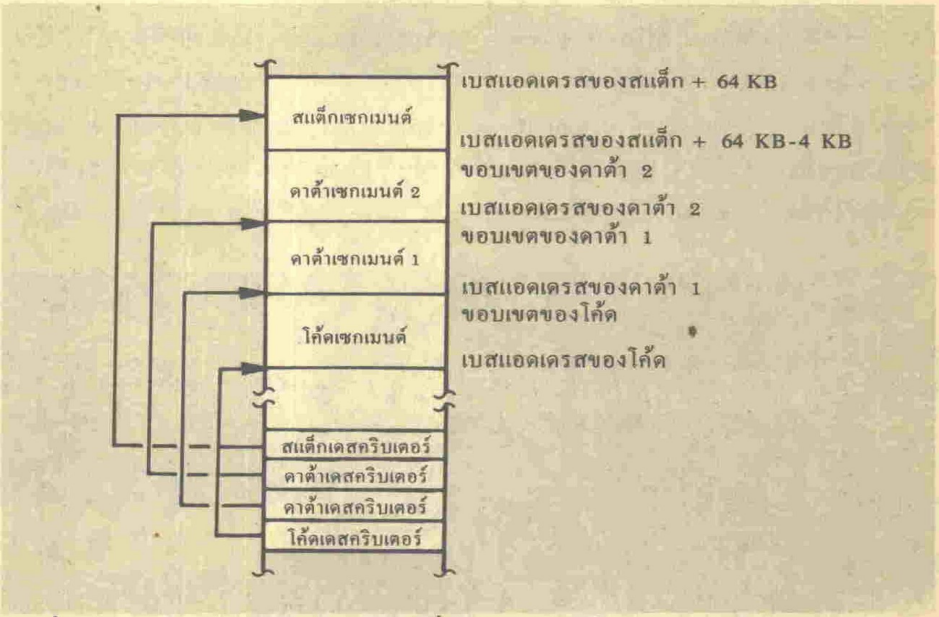
โดยปกติแล้วเซกเมนต์เดสคริปเตอร์จะถูกสร้างขึ้นขณะที่มีการอินนีเชียไลซ์ระบบ เพื่อกำหนดพื้นที่ของหน่วยความจำที่เราคาดว่าจะใช้ เช่น โค้ด ดาต้า หรือสแต็ก เราต้องกำหนดโค้ดเซกเมนต์ขึ้นมาอันหนึ่งเพื่อเก็บส่วนที่เอ็กซีคิวท์ได้ ดาต้าเซกเมนต์อีกหนึ่งหรือสองเซกเมนต์ และสแต็กเซกเมนต์ที่ใหญ่เพียงพอ เราสามารถกำหนดให้เซกเมนต์เหล่านี้เป็นแอดเดรสที่อยู่ต่อกันได้ โดยท้ายของเซกเมนต์หนึ่งอยู่ติดกับต้นของเซกเมนต์อีกอันหนึ่ง

รูปที่ 12 แสดงการอยู่ต่อกันของเซกเมนต์เหล่านี้ โดยมีโค้ดเซกเมนต์ขนาด 6 กิโลไบต์อยู่ส่วนล่างของหน่วยความจำ ตามมาด้วยดาต้าเซกเมนต์ขนาด 12 กิโลไบต์ และสแต็กเซกเมนต์ขนาด 4 กิโลไบต์ต่อท้ายจากดาต้าเซกเมนต์ตัวที่สอง จะเห็นว่าเซกเมนต์เหล่านี้อยู่ต่อกันพอดีไม่ซ้อนกัน ดังนั้นจะมีค่าเซกเมนต์และออฟเซตเดียวที่อ้างถึงตำแหน่งต่าง ๆ

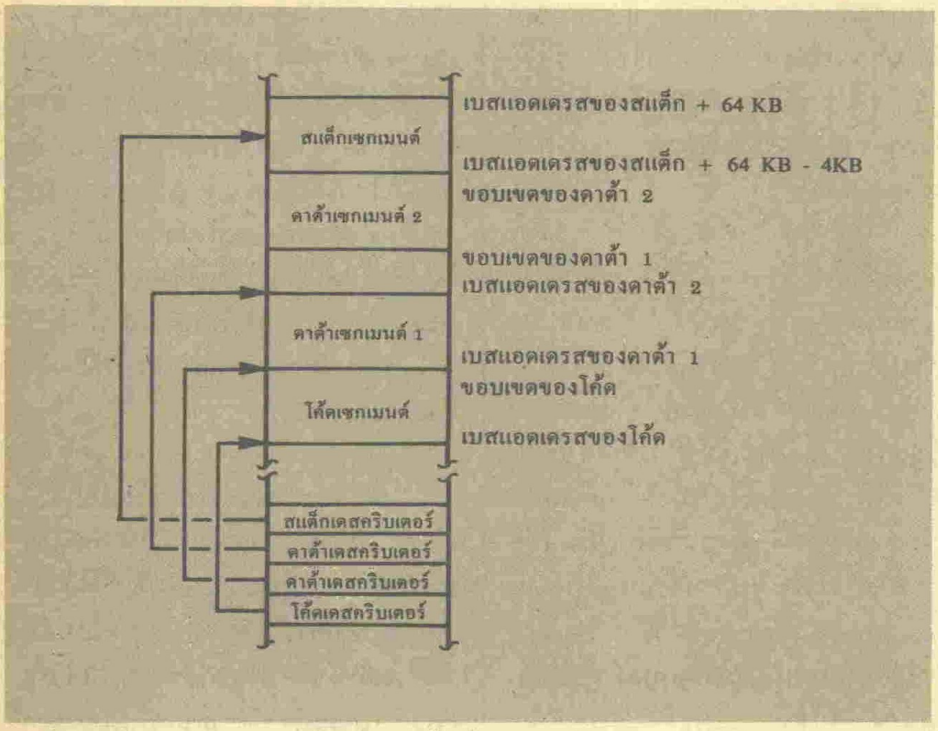
จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเราเปลี่ยนเดสคริปเตอร์ของดาต้าเซกเมนต์อันแรก โดยเพิ่มขนาดของเซกเมนต์ขึ้นอีก 4 กิโลไบต์ จะเห็นว่าท้ายของดาต้าเซกเมนต์ที่หนึ่งจะเกินเข้าไปในดาต้าเซกเมนต์ที่ 2 อีก 4 กิโลไบต์ ทำให้เซกเมนต์ทั้งสอง



รูปที่ 11 รูปแบบของ LDT เดสคริบเตอร์



รูปที่ 12 เซกเมนต์ของหน่วยความจำที่ต่อกันพอดี



รูปที่ 13 เซกเมนต์ของหน่วยความจำที่ซ้อนกัน

ซ้อนกัน ดังรูปที่ 13 ซึ่ง 80386 จะไม่ถือว่าเป็นข้อผิดพลาด และยอมให้เกิดการซ้อนกันเป็นบางส่วนหรือซ้อนกันทั้งเซกเมนต์ก็ได้

เมื่อเซกเมนต์เกิดการซ้อนกัน เราสามารถจะอ้างถึงบริเวณหน่วยความจำที่ซ้อนกันได้ 2 วิธี โดยอ้างออฟเซตที่เป็น 0 ของดาต้าเซกเมนต์ที่สอง ซึ่งจะให้ผลเหมือนกับการอ้างออฟเซตที่ 3000 (12 กิโลไบต์ + 1) ของดาต้าเซกเมนต์ที่หนึ่ง ทำนองเดียวกันเราสามารถเขียนข้อมูลลงไปที่ออฟเซต ØFFF ของเซกเมนต์ที่สองและอ่านค่ากลับมาด้วยออฟเซตที่ 3FFF ของเซกเมนต์ที่หนึ่ง

ถึงแม้ว่า 80386 จะไม่ยอมให้เขียนลงไปในเซกเมนต์ที่กำหนดให้เป็นชนิดเอ็กซีคิวท์ได้อย่างเดียว แต่ก็ไม่ผิดอะไรถ้าเราจะเขียนลงไปในเซกเมนต์ที่เป็นชนิดเขียนได้ ซึ่งครอบคลุมแอดเดรสบริเวณเดียวกับที่เอ็กซีคิวท์ได้ ถ้าเรากำหนดเดสคริบเตอร์ของโค้ดเซกเมนต์และดาต้าเซกเมนต์ให้มีเบสแอดเดรสและขอบเขตเดียวกัน เราสามารถที่จะเขียนข้อมูลลงไปในบริเวณของโค้ดและสามารถเอ็กซีคิวท์ในบริเวณของดาต้า ซึ่งวิธีนี้จะเรียกว่าการเรียกชื่ออื่นของเซกเมนต์

การซ้อนกันและการเรียกชื่ออื่นของเซกเมนต์จะเป็นประโยชน์อย่างมาก เมื่อระบบจัดการ (OS) ต้องการให้โปรแกรมใช้ส่วนของโครงสร้างข้อมูลร่วมกัน การเรียกชื่อของดาต้าเซกเมนต์แทนโค้ดเซกเมนต์เป็นตัวอย่างอันหนึ่งที่ดี โดยจะยอมให้เราเขียนโค้ดที่สามารถเปลี่ยนแปลงตัวเองได้

สรุป

การจัดหน่วยความจำของ 80386 ซึ่งเป็นแบบเซกเมนต์เช่นเดียวกับ 8086 นั้น แต่ความจริงแล้วกลไกในการอ้างแอดเดรสจะแตกต่างจาก 8086 ค่อนข้างมาก เซกเมนต์ของ 80386 จะมีขนาดเท่าไรก็ได้ (มากที่สุดคือ 4 กิกะไบต์) และไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน แต่ละเซกเมนต์เดสคริบเตอร์เป็นตัวบอกลักษณะของมัน เช่น เบสแอดเดรส ขอบเขต ชนิด ระดับสิทธิพิเศษ และอื่น ๆ เดสคริบเตอร์ต่าง ๆ จะถูกเรียงต่อกันในตารางเดสคริบเตอร์ซึ่งมี 3 ชนิด คือ GDI IDT และ LDT แต่ละชนิดก็จะถูกใช้งานต่าง ๆ กันไปเช่น IDT จะถูกใช้เช่นเดียวกันกับตารางของอินเตอร์รัพต์เวคเตอร์ใน 8086 ส่วน LDT จะถูกใช้ต่อเมื่อมีการใช้งานแบบมัลติทาสกิ้งเท่านั้น

หนังสือที่เขียน ไมโครคอมพิวเตอร์ ไม่ควรพลาด
ยูทิลิตี้ แอดวานซ์ดีเบส